

## Common-rail fuel injection system for IC engine has petrol or diesel fuel line combined with liquefied petroleum line

**Patent number:** DE10146051  
**Publication date:** 2002-10-10  
**Inventor:** WINKELMANN KARLHEINRICH (DE)  
**Applicant:** WINKELMANN KARLHEINRICH (DE)  
**Classification:**  
- international: *F02B43/00; F02M43/00; F02M63/02; F17C9/00; F17C13/02; F02B3/06; F02B75/12; F02B43/00; F02M43/00; F02M63/00; F17C9/00; F17C13/00; F02B3/00; F02B75/00; (IPC1-7): F02M43/00; F02M37/00; F02M63/00*  
- european: *F02B43/00; F02M43/00; F02M63/02C; F17C9/00; F17C13/02P; F17C13/02T*  
**Application number:** DE20011046051 20010918  
**Priority number(s):** DE20011046051 20010918; DE20012001475U 20010128

**Report a data error here**

### Abstract of DE10146051

The fuel injection system has petrol or diesel fuel line (10) combined with a liquefied petroleum gas line (11) in front of the high pressure fuel pump (5) of the fuel injection system, for allowing bivalent direct injection of the petrol or diesel fuel or liquefied petroleum gas. A freely selected quantity of petrol or diesel fuel can be mixed with the liquefied petroleum gas in the liquefied petroleum gas tank, for providing a required fuel mixture.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 101 46 051 B4 2004.03.25

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 101 46 051.1  
(22) Anmeldetag: 18.09.2001  
(43) Offenlegungstag: 10.10.2002  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 25.03.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F02M 43/00**  
F02M 37/00, F02M 63/00, F02D 19/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(66) Innere Priorität:  
201 01 475.0 28.01.2001

(61) Zusatz in:  
102 30 958.2

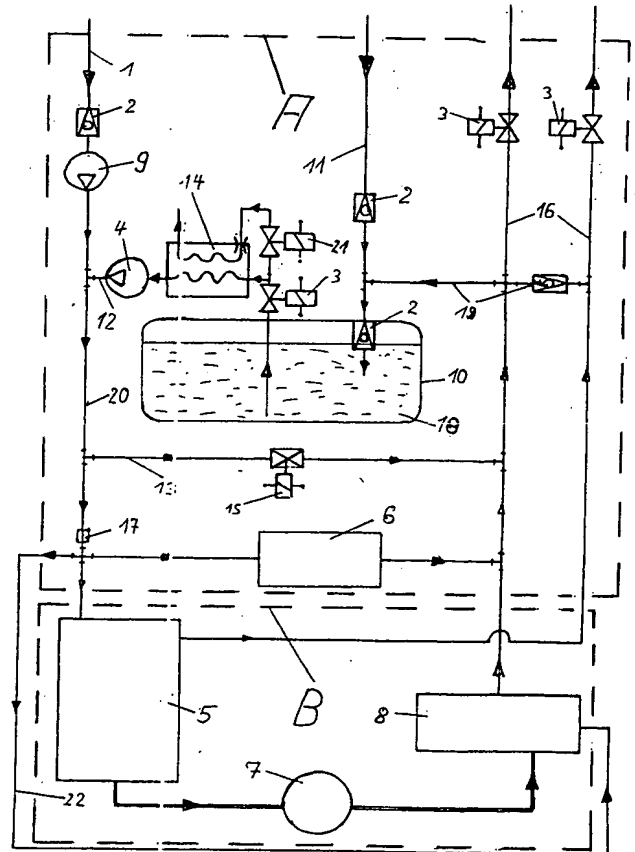
(71) Patentinhaber:  
Winkelmann, Karlheinrich, Dipl.-Ing. (TH), 33617  
Bielefeld, DE

(72) Erfinder:  
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
US 52 91 869 A  
EP 07 25 208 B1  
JP 59162337 A., In: Patent Abstracts of Japan;

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffdirekteinspritzsystem**

(57) Hauptanspruch: Kraftstoffdirekteinspritzsystem für Brennkraftmaschinen zur direkten Einspritzung von wahlweise bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur flüssigem Niederdruckkraftstoff oder Flüssiggas in flüssigem Aggregatzustand in einen Brennraum der Brennkraftmaschine, mit einem Hochdruckteil (B) und einer Kraftstoffversorgung (A) mit einem Mitteldruckteil (A1) zur Zuführung von Flüssiggas zu dem Hochdruckteil (B), und mit einem Niederdruckteil (A2) zur Zuführung von Niederdruckkraftstoff zu dem Hochdruckteil (B), wobei der Mitteldruckteil (A1) eine Kraftstoffzuführungsleitung für das Flüssiggas (12) mit einem Magnetventil (3) und einer Kraftstoffpumpe für das Flüssiggas (4) aufweist, und der Niederdruckteil eine Kraftstoffzuführungsleitung für den Niederdruckkraftstoff (1) mit einem Rückschlagventil (2) sowie einer ersten Niederdruckkraftstoffpumpe und einer zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe (9) aufweist, und wobei die erste und die zweite Niederdruckkraftstoffpumpe so angeordnet sind, dass ihre Drücke sich addieren.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffdirekteinspritzsystem für Brennkraftmaschinen zur direkten Einspritzung vor, wahlweise bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur flüssigem Niederdruckkraftstoff oder Flüssiggas in flüssigem Aggregatzustand in einen Brennraum der Brennkraftmaschine und ein Verfahren zur Steuerung eines solchen Kraftstoffdirekteinspritzsystems.

## Stand der Technik

[0002] Flüssiggas, auch LPG (Liquified-Petroleum-Gas) oder auch Autogas bezeichnet, ist ein Propan-Butan-Gemisch mit von Region zu Region unterschiedlichen Gemischanteilen, das aufgrund von Speicherung unter relativ geringem Überdruck (ca. 7-8 bar bei Raumtemperatur) in flüssiger Form im Kraftstofftank vorliegt (aus diesem Grunde hier des weiteren mit „Mitteldruckkraftstoff“ bezeichnet, in Abgrenzung zu den bei Raumtemperatur und Atmosphärendruck flüssigen Kraftstoffen, „Niederdruckkraftstoffen“, wie Benzin, Diesel oder ähnliche.), bei Atmosphärendruck aber gasförmig ist.

[0003] Bei den bisher bekannten und auf dem Markt erhältlichen Systemen zur Zuführung von Flüssiggas in den Brennraum einer Brennkraftmaschine drückte sich das Flüssiggas aus dem speziellen, druckfesten Flüssiggastank (Abblasüberdruck des Drucksicherheitsventils: 30 bar) durch den eigenen Überdruck flüssig in einen Verdampfer-Druckregler, wo er, durch Reduzierung des Überdrucks und unter Zuführung von Wärmeenergie zum Ausgleich der Verdampfungskälte, aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand überführt und in diesem gasförmigen Aggregatzustand dem Ansaugtrakt des Motors zugeführt wurde. Entweder angesaugt durch den Unterdruck der im Ansaugtrakt strömenden Verbrennungsluft, oder durch, über eine Regelung geregeltes, aktives Einblasen vor die Einlaßventile der Brennkraftmaschine.

[0004] Den aktuellen Stand der Technik bei der Zuführung von Flüssiggas repräsentiert die Zuführung des Flüssiggases in den Ansaugtrakt in flüssigem Zustand, wobei eine Pumpe in Verbindung mit einem Druckregler den konstanten Druck der Flüssigphase vor den Einspritzventilen sichert, siehe die EP 0 725 208 B1.

[0005] Stand der Technik bei der Zuführung von Benzin oder Diesel oder ähnlicher, bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur flüssigen, Kraftstoffen (hier des weiteren deshalb in Abgrenzung zum Flüssiggas als „Niederdruckkraftstoff“ bezeichnet) ist die Direkteinspritzung, bei der der Kraftstoff mit Hochdruck in den Brennraum der Brennkraftmaschine direkt eingespritzt wird, mit geschichteter Ladung bei Teillast. Deren Technik ist bekannt und wird hier deshalb nicht weiter erläutert.

[0006] Allerdings können Direkt einspritzmotoren mit den bisher verwendeten Kraftstoffzuführungskon-

figurationen nicht als direkteinspritzendes System mit Flüssiggas betrieben werden, weil sie die dafür notwendigen Betriebsdrücke und Kraftstofftemperaturen am Hochdruckpumpeneingang nicht erreichten.

[0007] Für den bivalenten Betrieb von Brennkraftmotoren mit Benzin oder Diesel oder ähnlichem, in Kombination mit Flüssiggas werden bisher für jeden Kraftstoff ein eigenes Kraftstoffzuführungssystem benutzt. Dies hat einen relativ hohen Bauaufwand zur Folge. Weiter führt die Einspritzung von Flüssiggas vor die Einlaßventile nach wie vor zur Verdrängung von angesaugter Luft durch das verdampfende Brenngas und damit zur Verringerung der zur Verbrennung zur Verfügung stehenden Gemischmasse.

[0008] Außerdem ist mit der Einspritzung von Kraftstoff vor die Einlaßventile kein Betrieb mit geschichteter Ladung möglich.

[0009] Aus der JP 59162337 AA, Patent Abstracts of Japan, ist ein Kraftstoffdirekteinspritzsystem bekannt, bei dem Flüssiggas und Dieseldieselkraftstoff in flüssigem Zustand einem Kraftstoffdirekteinspritzsystem zugeführt werden. Dies geschieht jedoch vermischt, ohne dass dabei eine Umschaltung von der einen auf die andere Kraftstoffsorte vorgesehen wäre.

## Vorteile der Erfindung

[0010] Diese Probleme werden gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1, der ein Kraftstoffdirekteinspritzsystem betrifft, und durch die Merkmale des nebengeordneten Anspruchs 16, der ein Verfahren zur Steuerung eines solchen Kraftstoffdirekteinspritzsystems betrifft, sowie durch die Merkmale der jeweiligen Unteransprüche.

## Aufgabenstellung

[0011] Die vorliegende Erfindung bewirkt, daß

a) auch Flüssiggas direkt und flüssig in den Brennraum einer Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann, und daß

b) durch das Zusammenführen der Benzin- und Flüssiggaskraftstoffleitungen vor der Hochdruckpumpe des Einspritzsystems, mit einem einzigen Einspritzsystem wahlweise sowohl Niederdruckkraftstoffe (Benzin oder Diesel oder ähnliches), als auch Mitteldruckkraftstoff (Flüssiggas = Autogas = LPG = Liquified-Petroleum-Gas) oder ein Gemisch aus beidem direkt in den Brennraum einer Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann.

[0012] Weitere Vorteile der Erfindung:

a) Flüssiggas ist ein Produkt, welches bei der Herstellung von Benzin oder Diesel automatisch anfällt. Seine Nutzung erhöht somit die Ausnutzung des Rohöls.

b) Gegenüber Systemen mit Benzindirekteinspritzung:

1. die höhere Energiedichte (ca. 2%) des LPG-Luft-Gemisches steigert die Leistung

2. die höhere Oktanzahl von LPG und die bessere innere Gemischkühlung erlauben eine höhere Verdichtung, die wiederum auch bei Volllast den Wirkungsgrad, das Drehmoment und die Leistung steigert.

3. die Rohemissionen von umweltbelastenden Schadstoffen verringert sich, insbesondere beim Kaltstart, weil eine Anfeuchtung des Kraftstoff-Luftgemisches nicht nötig ist.

4. die CO<sub>2</sub>-Emission verringert sich um bis zu 20 %

5. da Flüssiggas so gut wie kein Schwefel enthält wird die Abgasreinigung vereinfacht

6. gesundheitsschädliche toxische Emissionen von PAK, Aldehyden, Benzol, Toluol vermindern sich

7. keine Grundwassergefährdung durch LPG, da es nicht wasserlöslich ist

8. die Lebensdauer von Motor und Zündkerzen verlängert sich durch die Verminderung aggressiver Säuren und Kohlenstoffablagerungen und geringere Verwässerung des Schmieröls.

c) Gegenüber Flüssiggassystemen mit Saugroheinspritzung:

1. Reduzierter Kraftstoffverbrauch durch die Direkteinspritzung. Im europäischen Fahrzyklus (NEFZ) beträgt die Einsparung gegenüber Motoren mit herkömmlichen Einspritzverfahren 15 – 20 % Kraftstoff. Hinzu kommt noch die Kraftstoffeinsparung durch die vollständige Füllung der Zylinder mit Verbrennungsluft, so daß Kraftstoffeinsparungen bis zu 30 % möglich sind,

2. es wird kein zweites Einspritzsystem benötigt und auch keine zusätzliche Regelfunktion für den Mitteldruckkraftstoff, wie in EP 0 725 208 B1 beschrieben.

#### Zeichnungen

#### Ausführungsbeispiel

[0013] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert.

[0014] Es zeigen:

[0015] **Fig. 1** die Systembereiche der Brennstoffdirekteinspritzung,

[0016] **Fig. 2** eine monovalente Ausführung des Brennstoffdirekteinspritzsystems für den Mitteldruckkraftstoff Flüssiggas in der Variante mit zwei Kraftstoffrückführungsleitungen aus dem Hochdruckbereich, die den unverbrauchten Kraftstoff in den Tank zurückführen;

[0017] **Fig. 3** eine monovalente Ausführung des Brennstoffdirekteinspritzsystems für den Mitteldruckkraftstoff Flüssiggas in der Variante mit der Kraftstoffrückführung in die Kraftstoffzuführungsleitung vor der Hochdruckpumpe,

[0018] **Fig. 4** eine erfindungs gemäßige bivalente Variante für Mitteldruck- und Niederdruckkraftstoffe. Diese Variante ist gekennzeichnet durch zwei Kraftstoffrückführungsleitungen im Niederdrucksystem, die im Niederdruckkraftstofftank enden.

[0019] **Fig. 5** zeigt ebenfalls eine bivalente Ausführ-

ung. Sie unterscheidet sich in der Anordnung von Hochdruckpumpe und Hochdruckregler im Hochdruckteil von der in **Fig. 4** dargestellten Variante. Außerdem besitzt sie nur eine Kraftstoffrückführungsleitung, die zudem nicht im Tank endet, sondern vor der Hochdruckpumpe in die Kraftstoffzuführungsleitung mündet.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0020] Die Erfindung basiert auf am Markt käuflichen Brennkraftmaschinen mit einem Direkteinspritzsystem für Niederdruckkraftstoffe.

[0021] Aus diesem Grunde wird in **Fig. 1** nur das, bei diesen Brennkraftmaschinen übliche, prinzipielle Zusammenwirken der Systembereiche Kraftstoffversorgung A (bestehend aus einer Mitteldruckkraftstoffversorgung A1 oder einer Mitteldruckkraftstoffversorgung A1 und einer Niederdruckkraftstoffversorgung A2), Hochdruckteil B, der elektronischen Regelung C und der Peripherie D dargestellt und auf die weitere Erläuterung der Bereiche B, C und D verzichtet, da einer der Vorteile der hier beschriebenen Erfindung es ja ist, daß zur direkten Einspritzung nicht in diese Bereiche eingegriffen werden muß, um Flüssiggas direkt einzuspritzen.

[0022] In **Fig. 2** ist eine monovalente Ausführung des Kraftstoffdirekteinspritzsystems gezeigt, bei der das Niederdruckkraftstoffsystem A2 durch ein Mitteldruckkraftstoffsystem A1 ersetzt ist. Aus einem mitteldruckfesten Kraftstofftank 10 (Abblasdruck 30 bar), der über eine Füllleitung 11 befüllt wird, drückt nach Öffnen des Magnetventils 3 Flüssiggas 18 in die Zuleitung 12 durchfließt den Kraftstoffkühler 14 und gelangt anschließend an den Eingang der Mitteldruckkraftstoffpumpe 4. Die Kraftstoffpumpe 4 erhöht den Druck des Flüssiggases 18 und sorgt dadurch zusammen mit dem Niederdruck-Druckregler 6 dafür, daß das Flüssiggas 18 in flüssigen Zustand zum Eingang der Hochdruckpumpe 5 gelangt. Damit dieses auch bei Temperaturspitzen, hervorgerufen durch Wärmeleitung und Wärmeabstrahlung der Brennkraftmaschine an die motornahe Hochdruckkraftstoffpumpe, sicher gewährleistet ist, muß der Dampfdruck des LPG am Hochdruckpumpeneintritt immer niedriger sein als der Gesamtdruck des Kraftstoffes im Kraftstoffkreislauf A. Das wird durch Aufheizen des LPGs im Kraftstofftank 10 erreicht. Dargestellt ist in **Fig. 2** die Variante mit einem im Kraftstofftank platzierten elektrischen Heizstab 23 als Wärmequelle. Eingeschaltet wird die Kraftstoffheizung, wenn die Differenz der Temperaturmeßwerte der beiden Temperaturfühler 17 einen vorgegebenen Sollwert überschreitet, ausgeschaltet wird sie, wenn die Temperaturdifferenz einen anderen vorgegebenen Sollwert unterschreitet. Zusätzlich besitzt die Heizung 23 aus Sicherheitsgründen eine Temperaturbegrenzung.

[0023] Die Hochdruckpumpe 5 drückt das Flüssiggas mit einem gegenüber Niederdruckkraftstoff um

den Kraftstoffdichtefaktor (Dichte Niederdruckkraftstoff zu Dichte Flüssiggas) und den Luftbedarfsfaktor veränderten Druck in den Brennraum der Brennkraftmaschine, geregelt von der elektronischen Regelung C. Nicht verbrauchter, überschüssiger Kraftstoff wird über die Rückführungsleitungen 16 und 19 in den Flüssiggastank 10 zurückgeführt.

[0024] Fig. 3 zeigt ebenfalls eine monovalente Ausführung der Flüssiggasdirekteinspritzung aber mit einer anderen Konfiguration des Hochdruckteils B. Hier sind Rail 7 und Hochdruckdruckregler 8 miteinander verbunden und der überschüssige Kraftstoff wird hier nicht in den Kraftstofftank sondern vor der Hochdruckpumpe 5 wieder in die Zuführungsleitung zurückgeführt.

[0025] Die Fig. 4 erläutert den hydraulischen Schaltplan einer erfindungsgemäßen Kraftstoffdirekteinspritzanlage mit einer Abzwegleitung in der Kraftstoffzuleitung zur Zuführung von Benzin oder Diesel in den Flüssiggastank und zwei separaten Kraftstoffrückleitungen zum Kraftstofftank. Abgebildet ist ein Mitteldruckkraftstoffsystem A1 mit einer Zuführungsleitung 1 aus dem Niederdruckkraftstofftank (nicht abgebildet), die zu einer Hochdruckkraftstoffpumpe 5 führt. Über das Kraftstoffverteilerrohr (Common-Rail) 7 führt die Kraftstoffhochdruckleitung zum Kraftstoffhochdruckregler 8. Sowohl vom Hochdruckregler 8 als auch von der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 führt eine Kraftstoffrücklaufleitung 16 zurück in den Kraftstofftank.

[0026] An die Niederdruckkraftstoffleitung 1 wird mit einem T-Stück die Zuleitung für das Flüssiggas angeschlossen, die aus dem Drucktank 10 für das Flüssiggas kommt. Durch Magnetventile(3) in Kombination mit Rückschlagventilen 2 wird sichergestellt, daß nur aus einem der beiden Kraftstofftanks Kraftstoff zur Hochdruckpumpe 5 fließt und das Flüssiggas mit seinem höheren Druckniveau nicht in den Niederdruckkraftstofftank drückt.

[0027] Die zweite Kraftstoffpumpe 9 in dieser Leitung dient zur kurzzeitigen Druckerhöhung im Niederdruckkraftstoffsystem in der Phase des Umschaltens aus dem Flüssiggasmodus in den Niederdruckkraftstoffmodus. Ohne diese zweite Kraftstoffpumpe 9 würde sich nach dem Abschalten der Mitteldruckkraftstoffpumpe 4 das Druckniveau in den Kraftstoffzuführungsleitungen 1 und 20 auf das Druckniveau des Niederdruckkreislaufs sinken, also unter den Druck, der das Flüssiggas daran hindert zu verdampfen. Es befinden sich aber zum Zeitpunkt des Umschaltens und auch noch einige Weile danach Flüssiggasreste im Einspritzsystem, die durch den erhöhten Druck am Verdampfen gehindert werden. Der erhöhte Druck wird im Niederdruckbetriebsmodus von der zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe 9 so lange aufrechterhalten, bis sämtliches Flüssiggas im gesamten Leitungssystem durch Niederdruckkraftstoff ersetzt ist.

[0028] Die Kraftstoffpumpe 4 erhöht den Druck des Flüssiggases und sorgt dadurch dafür, daß das Flüssig-

gigas, auch bei Erwärmmung, die HD-Pumpe 5 im flüssigen Zustand erreicht. Dem gleichen Zweck dient ein Kraftstoffkühler 14, der vor der Kraftstoffpumpe 4 angebracht ist. Überschreitet die Kraftstofftemperaturdifferenz zwischen Kraftstofftank 10 und Hochdruckpumpeneingang 5 einen kritischen Wert (ca.30°C), dann wird über die Temperaturfühler 17 der Kühlprozeß gestartet, bei dem Kühlung durch ein verdampfendes Medium, entweder durch das Kältemittel des Kühlkreislaufs der Klimaanlage oder einen abgezweigten Teil des Flüssiggases 18 bewirkt wird. Abgebildet ist die Variante mit abgezweigtem Flüssiggas 18. Durch die Temperaturfühler 17 wird das Magnetventil 21 geschaltet, das dem Flüssiggas den Weg zu der Drossel 24 des Kraftstoffkühlers 14 freigibt, wo es verdampft und durch seine Verdampfungskälte den Kraftstoff kühlt. Anschließend wird der gasförmige Kraftstoff über den Kreislauf für verdampften Kraftstoff dem Ansaugtrakt des Motors zugeführt.

[0029] Die zusätzliche Kraftstoffpumpe 9 eröffnet gleichzeitig die Möglichkeit über eine weitere Abzwegleitung 13, die in die Rücklaufleitung für das Flüssiggas 16 mündet und zusammen mit dieser in die Füllleitung 11 für das Flüssiggas geführt wird, Niederdruckkraftstoff in den Flüssiggastank zu pumpen, wodurch ein Niederdruckkraftstoff-Flüssiggasgemisch mit frei wählbaren Gemischanteilen erzeugt werden kann. Gesteuert wird dieser Prozeß über ein separat schaltbares Magnetventil 15. Durch die Beimischung von Niederdruckkraftstoff zum Flüssiggas werden Schmierungsprobleme im System vermieden.

[0030] Das Niederdruckregelventil 6 sorgt für konstanten Druck am Eingang der Hochdruckkraftstoffpumpe 5.

[0031] Von der Kraftstoffzuführungsleitung 20 zweigt vor der Hochdruckpumpe 5 eine Steuerleitung 22 ab, die den Steuerkolben des Hochdruckreglers 8 bei Betrieb mit Flüssiggas mit einem Druck beaufschlagt, des sich zu einer Federspannung hinzuaddiert und dadurch den notwendigen höheren Einspritzdruck im Flüssiggasmodus erzeugt.

[0032] Im Flüssiggasbetriebsmodus wird das, über den Bedarf des Motors hinaus, geförderte, überschüssige Flüssiggas über die Rückleitung für den Mitteldruckkraftstoff 19 in die Flüssiggasfüllleitung 11 geführt und gelangt von dort zurück in den Flüssiggastank 10. Rückschlagventile 2 verhindern ein Ausströmen des Flüssiggases 18.

[0033] Die Erfindung hat Vorteile auf mehreren Ebenen. Weil das Flüssiggas nun direkt und flüssig in den Brennraum eingespritzt wird, verdrängt es keine Ansaugluft mehr. Dadurch erhöht sich der Füllungsgrad der Zylinder gegenüber Einspritzung in den Ansaugtrakt und damit auch die Leistung des Motors. Gleichzeitig bleiben alle Vorteile des Direkteinspritzverfahrens erhalten. Die zweite Vorteilebene ist die bauliche Vereinfachung beim Flüssiggassystem. Der Gas-Luftmischer, der Verdampfer-Druckregler, die Kraftstoffpumpe und Einspritzdüsen für das Flüssig-

gas fallen weg. Auch ein eigenes Meß- und Regelsystem für das Flüssiggas ist entbehrlich, da durch den flüssigen Aggregatzustand beider Kraftstoffe das vorhandene System für Niederdruckkraftstoff für beide Kraftstoffarten genutzt werden kann.

[0034] Fig. 5 zeigt ebenfalls eine bivalente Ausführung der Kraftstoffdirekteinspritzung aber mit einer anderen Konfiguration des Hochdruckteils B. Hier sind Rail 7 und Hochdruckdruckregler 8 miteinander verbunden und der überschüssige Kraftstoff wird hier nicht über die Kraftstoffrückleitung 16 in den Kraftstofftank, sondern vor der Hochdruckpumpe 5 wieder in die Zuführungsleitung 20 zurückgeführt.

[0035] Abgebildet ist ein Kraftstoffbehälter für Flüssiggas 10, von dem eine Kraftstoffleitung 12 wegführt und ein Direkteinspritzsystem B, bestehend aus einer Hochdruckpumpe 5, einem Verteilerrohr 7 mit zu Hochdruckeinspritzventilen führenden Hochdruckleitungen 21 und einem Drucksteuerventil 8, von dem aus eine Kraftstoffrückleitung 16 vor der Hochdruckpumpe 5 in die gemeinsame Kraftstoffzuführungsleitung 20 mündet. Die Funktionsweise der Baugruppen entspricht ansonsten der Fig. 4.

#### Bezugszeichenliste

- |    |  |
|----|--|
| 1  | Niederdruckkraftstoffleitung                                     |
| 2  | Rückschlagventil   |
| 3  | Magnetventil   |
| 4  | Kraftstoffpumpe der Mitteldruckkraftstoffversorgung (LPG-System) |
| 5  | Hochdruckpumpe   |
| 6  | Niederdruck-Druckregler  |
| 7  | Kraftstoffverteilerrohr (Common-Rail)                            |
| 8  | Hochdruckregler  |
| 9  | 2. Kraftstoffpumpe der Niederdruckkraftstoffversorgung           |
| 10 | Druckfester Tank für den Mitteldruckkraftstoff (LPG)             |
| 11 | Füllleitung der Mitteldruckkraftstoffversorgung                  |
| 12 | Zuleitung für den Mitteldruckkraftstoff                          |
| 13 | Kurzschlußleitung  |
| 14 | Kraftstoffkühler   |
| 15 | Magnetventil in der Kurzschlußleitung                            |
| 16 | Rückleitung für den Niederdruckkraftstoff 1                      |
| 17 | Temperaturfühler für die Mitteldruckkraftstofftemperatur         |
| 18 | Flüssiggas (LPG)   |
| 19 | Rückleitung für den Mitteldruckkraftstoff                        |
| 20 | Gemeinsame Kraftstoffleitung                                     |
| 21 | Magnetventil für die Kühlmittelzuführung                         |
| 22 | Steuerleitung  |
| 23 | Kraftstoffheizung  |
| 24 | Drossel  |

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffdirekteinspritzsystem für Brennkraftmaschinen zur direkten Einspritzung von wahlweise bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur flüssi-

gem Niederdruckkraftstoff oder Flüssiggas in flüssigem Aggregatzustand in einen Brennraum der Brennkraftmaschine, mit einem Hochdruckteil (B) und einer Kraftstoffversorgung (A) mit einem Mitteldruckteil (A1) zur Zuführung von Flüssiggas zu dem Hochdruckteil (B), und mit einem Niederdruckteil (A2) zur Zuführung von Niederdruckkraftstoff zu dem Hochdruckteil (B), wobei der Mitteldruckteil (A1) eine Kraftstoffzuführungsleitung für das Flüssiggas (12) mit einem Magnetventil (3) und einer Kraftstoffpumpe für das Flüssiggas (4) aufweist, und der Niederdruckteil eine Kraftstoffzuführungsleitung für den Niederdruckkraftstoff (1) mit einem Rückschlagventil (2) sowie einer ersten Niederdruckkraftstoffpumpe und einer zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe (9) aufweist, und wobei die erste und die zweite Niederdruckkraftstoffpumpe so angeordnet sind, dass ihre Drücke sich addieren.

2. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die addierten Drücke der ersten Niederdruckkraftstoffpumpe und der zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe (9) über dem Verdampfungsdruck von Propan liegen.

3. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffzuführungsleitung für das Flüssiggas (12) und die Kraftstoffzuführungsleitung für den Niederdruckkraftstoff (1) stromaufwärts des Hochdruckteils (B) zusammengeführt werden.

4. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine regelbare Kühlvorrichtung (14) in der Kraftstoffzuführungsleitung für das Flüssiggas (12) vorgesehen ist.

5. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die regelbare Kühlvorrichtung (14) von verdampfendem Kältemittel einer Klimaanlage gekühlt wird.

6. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die regelbare Kühlvorrichtung (14) von verdampfendem Flüssiggas gekühlt wird.

7. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das verdampfte Flüssiggas einem Ansaugsystem der Brennkraftmaschine zugeführt wird.

8. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochdruckteil (B) eine Hochdruckpumpe (5), ein Verteilerrohr (7) und ein Hochdruckregelventil (8) umfasst.

9. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ausgehend von der

Hochdruckpumpe (5) und dem Hochdruckregelventil (8) Rückführungsleitungen (16) zu einem Behälter für den Niederdruckkraftstoff vorgesehen sind, die jeweils ein Magnetventil (3) sowie stromaufwärts der Magnetventile (3) Abzweigungen zu einem Behälter für das Flüssiggas (10) aufweisen..

10. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochdruckregelventil (8) hydraulisch durch Abzweigung von Kraftstoff aus der Kraftstoffversorgung (A) ansteuerbar ist.

11. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts der Zusammenführung der Kraftstoffzuführungsleitung für das Flüssiggas (12) und der Kraftstoffzuführungsleitung für den Niederdruckkraftstoff (1) und stromaufwärts des Hochdruckteils (B) eine Kraftstoffleitung (13) abzweigt.

12. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffleitung (13) zu einer Flüssiggasföhrungsleitung (11) für den Behälter für das Flüssiggas (10) geführt ist.

13. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffleitung (13) zu einer der Rückführungsleitungen (16), stromaufwärts der Magnetventile (3), geführt ist.

14. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffleitung (13) durch ein Magnetventil (15) geöffnet bzw. geschlossen werden kann.

15. Kraftstoffdirekteinspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kraftstoffvolumenstrommessvorrichtung vorgesehen ist.

16. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zur Umschaltung vom Betrieb mit Niederdruckkraftstoff auf Betrieb mit Flüssiggas das Magnetventil (3) im Mitteldruckteil (A1) geöffnet wird, die Kraftstoffpumpe für das Flüssiggas (4) zugeschaltet wird und die erste Niederdruckkraftstoffpumpe abgeschaltet wird.

17. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zur Umschaltung vom Betrieb mit Flüssiggas auf Betrieb mit Niederdruckkraftstoff das Magnetventil (3) im Mitteldruckteil (A1) geschlossen wird, die Kraftstoffpumpe für das Flüssiggas (4) abgeschaltet wird und die erste Niederdruckkraftstoffpumpe zugeschaltet wird.

18. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdi-

rekteinspritzsystems nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass bei Umschaltung vom Betrieb mit Flüssiggas auf betrieb mit Niederdruckkraftstoff die zweite Niederdruckkraftstoffpumpe (9) für kurze Zeit zugeschaltet wird.

19. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass während der Zuschaltung der zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe (9) die Magnetventile (3) in den Rückführungsleitungen (16) geschlossen gehalten werden.

20. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zur Zumischung von Niederdruckkraftstoff zum Flüssiggas das Magnetventil (15) geöffnet wird.

21. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuschaltung der zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe (9) und das geschlossen Halten der Magnetventile (3) in den Rückführungsleitungen (16) so lange aufrecht erhalten wird bis in sämtlichen Leitungen des Kraftstoffdirekteinspritzsystems das Flüssiggas durch Niederdruckkraftstoff ersetzt ist.

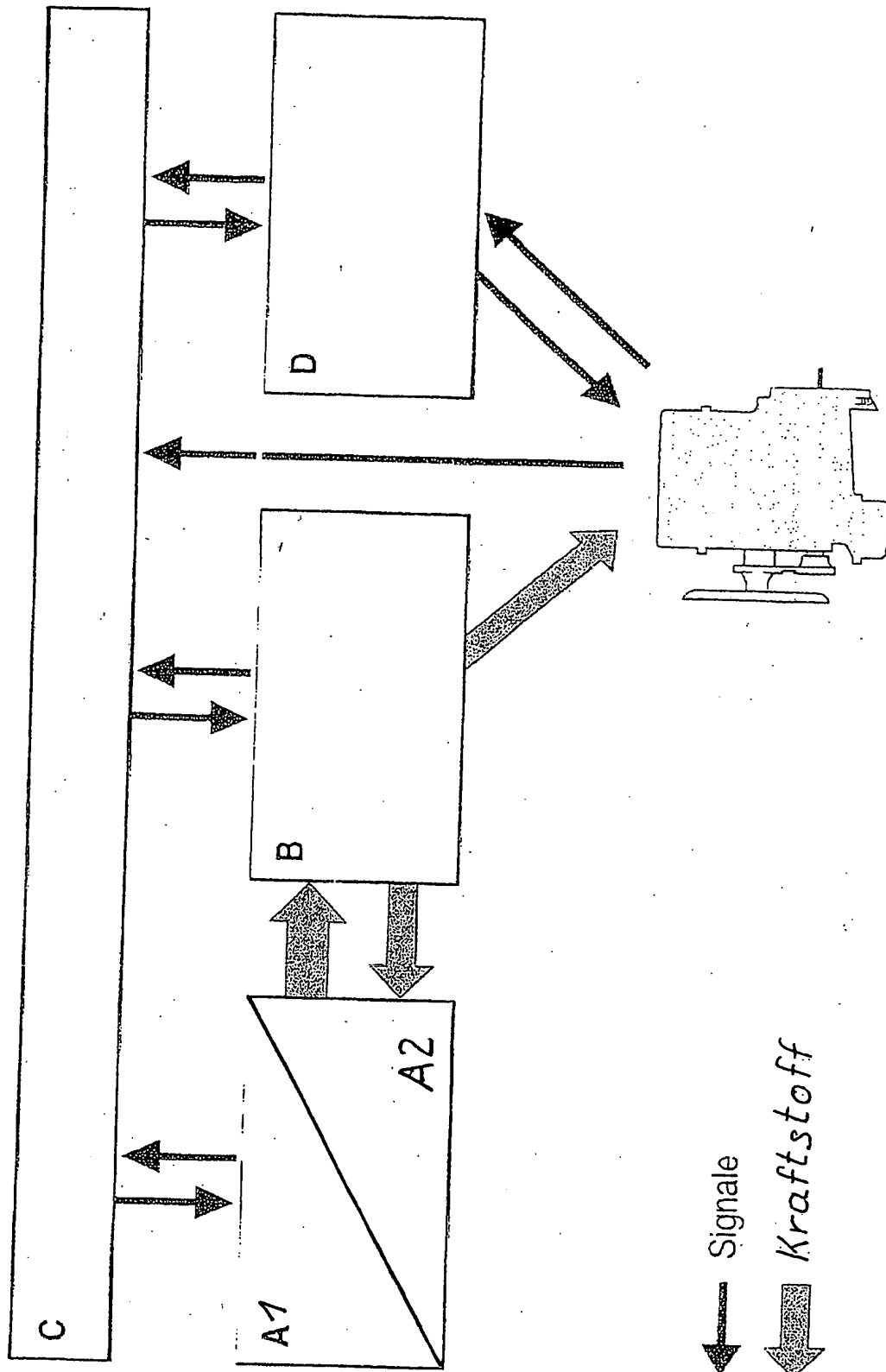
22. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschaltung der zweiten Niederdruckkraftstoffpumpe (9) und das Öffnen der Magnetventile (3) in den Rückführungsleitungen (16) zeitgleich anhand des beim Umschalten vom Betrieb mit Flüssiggas auf Betrieb mit Niederdruckkraftstoff sich ergebenden diskontinuierlichen Signals der Kraftstoffvolumenstrommesseinrichtung gesteuert werden.

23. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Hochdruckpumpe (5) erzeugten Einspritzdrücke durch das Hochdruckregelventil (8) reziprok zu den Kraftstoffdichten und reziprok zu den Luftbedarfszahlen des Flüssiggases bzw. des Niederdruckkraftstoffes verändert werden.

24. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffdirekteinspritzsystems nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung der Kföhlvorrichtung (14) durch Ein- bzw. Ausschalten in Abhängigkeit der Temperatur des Flüssiggases erfolgt.

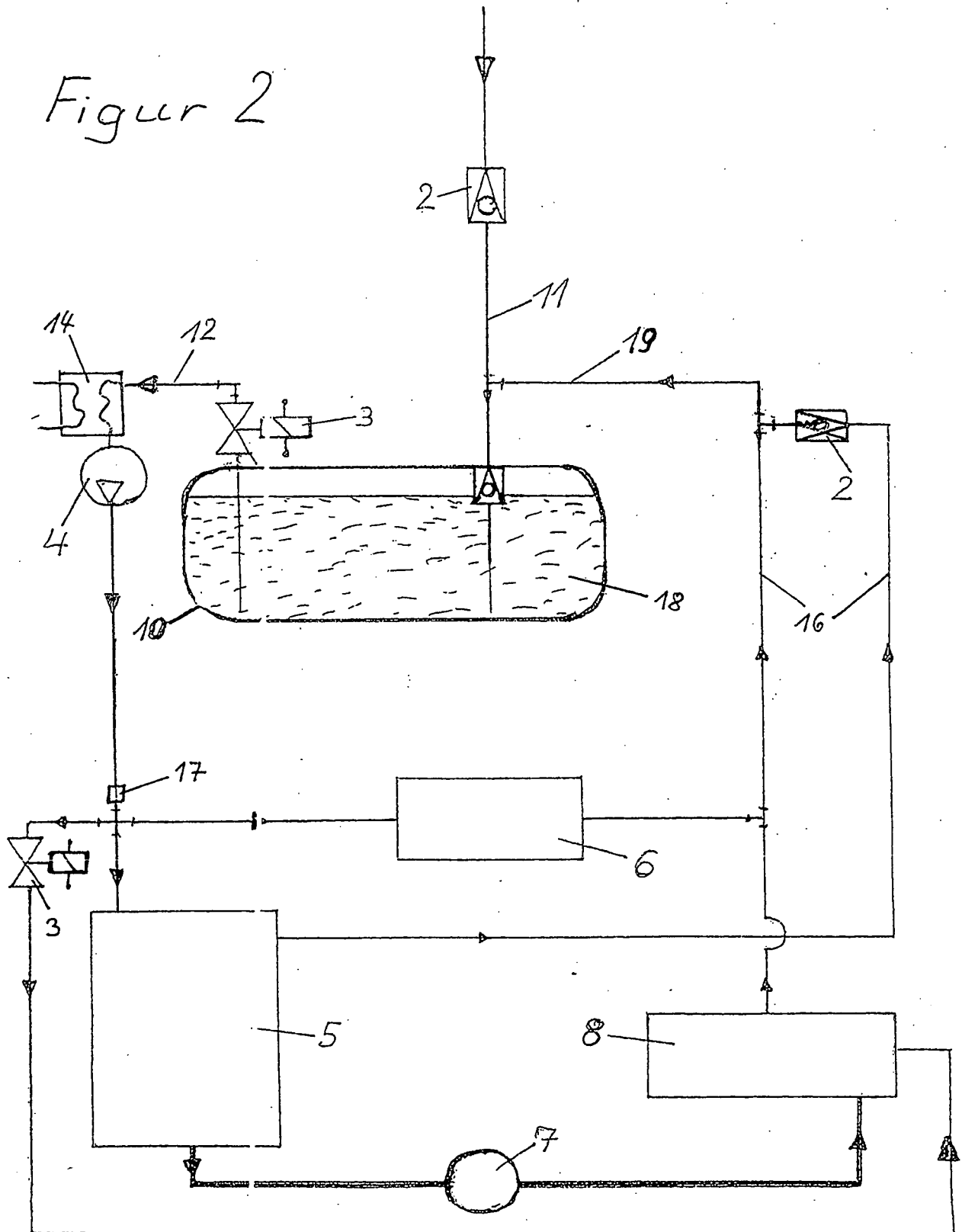
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



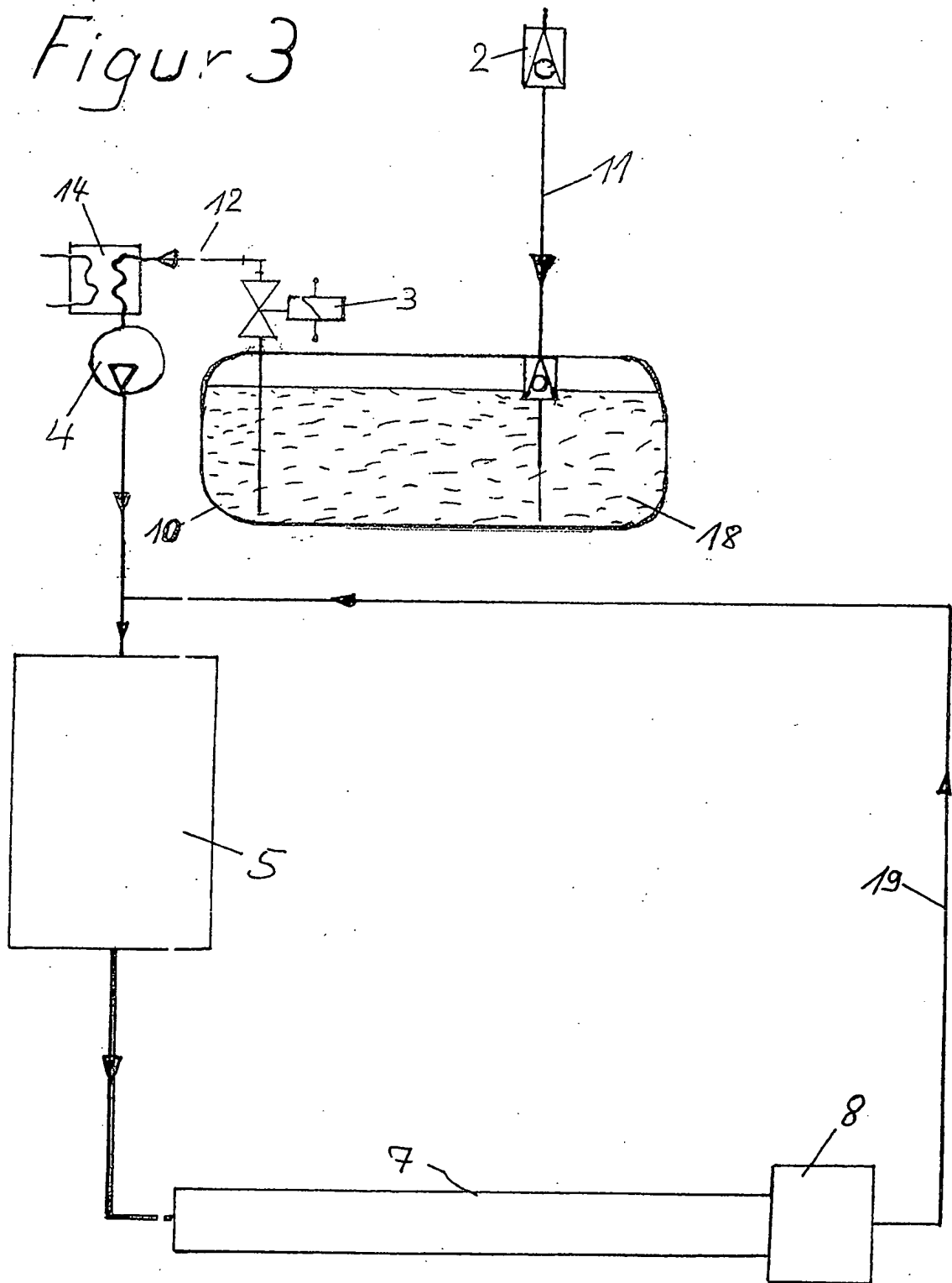


Figur 1

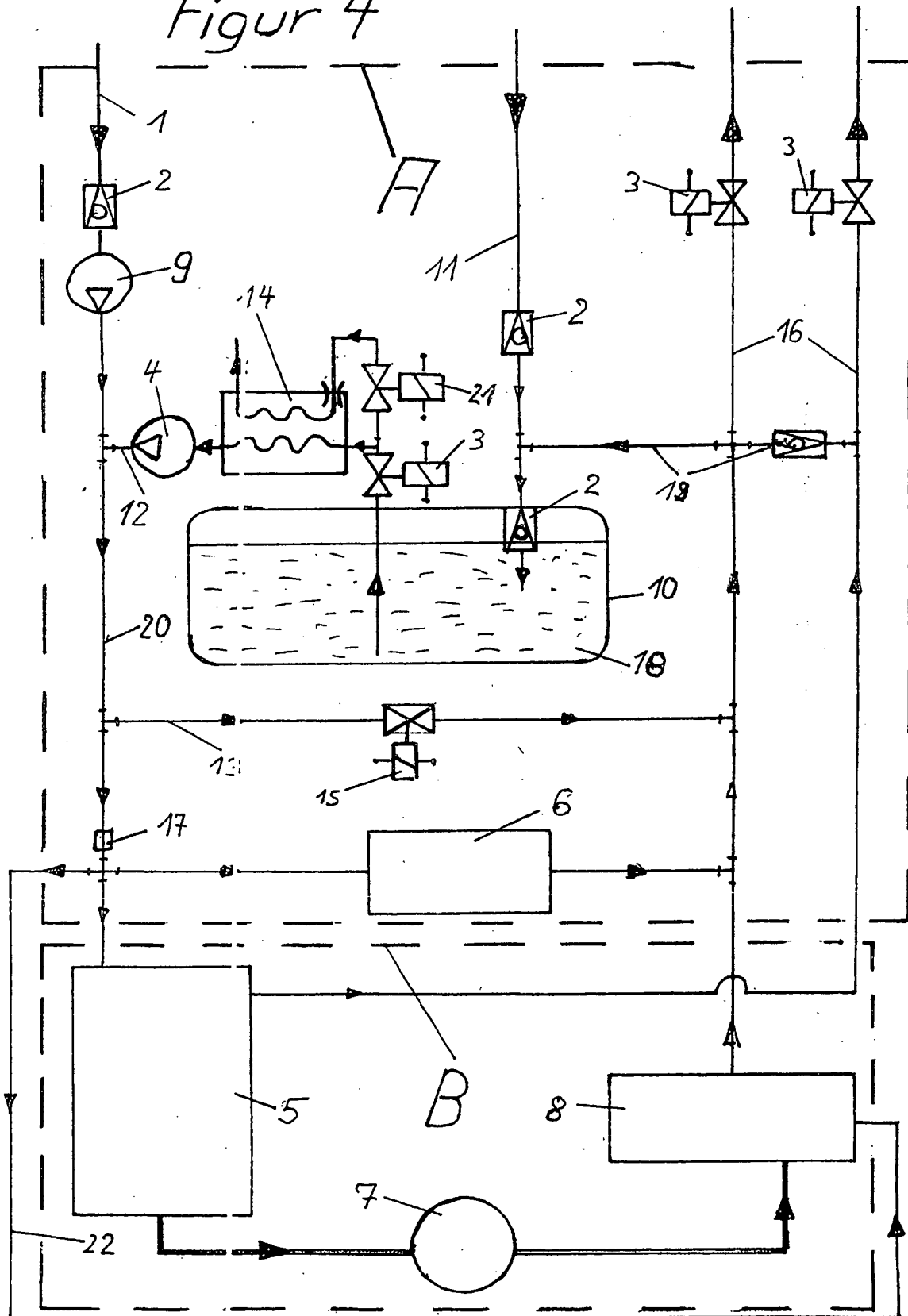
Figur 2

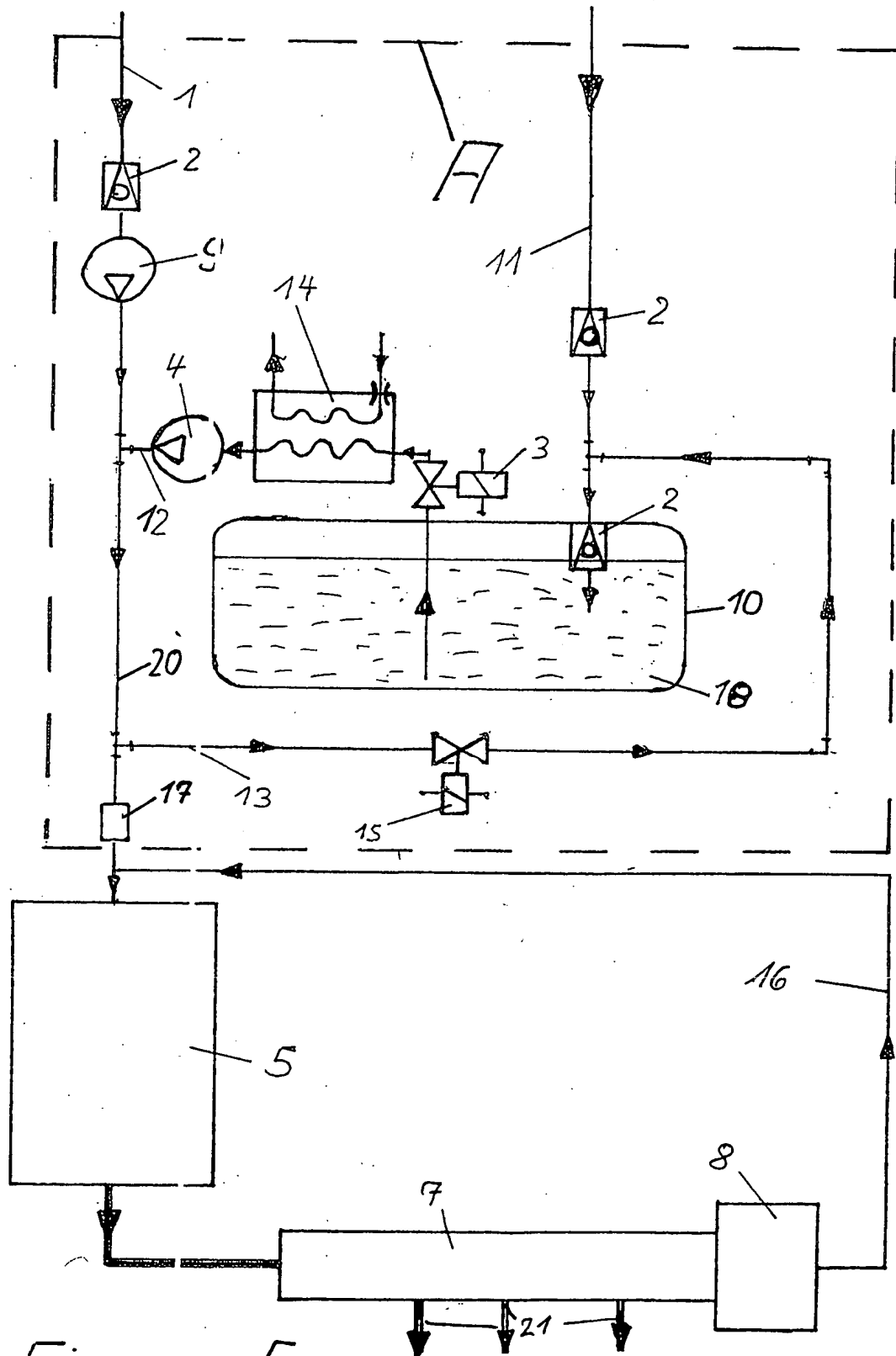


Figur 3



Figur 4





Figur 5

THIS PAGE BLANK (USP)